Vol.10, No.3, Fall 2021, pp.141-161 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/geoeh.2021.67019.0 Open access

Investigating the vulnerability of Ardabil city road network against natural disasters (earthquake) (Case study: Imam Khomeini Street, Shahr)

Mohammad Taghi Masoumi [a], Milad Rajabzadeh Niaragh [b*]

[a] *Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran*
[b] *Master in Geography and Urban Planning, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran*

Received: 17 February 2021 ***Revise: 8 April 2021*** ***Accepted: 26 May 2021***

Abstract

Reducing the vulnerability of cities to earthquakes is one of the objectives of urban planning. The urban road network is one of the factors that have a significant impact on the city's vulnerability to earthquakes. It is necessary to study the vulnerability of the urban road network and to plan to reduce this damage. This research was carried out by a descriptive-analytical method and using the AHP multi-criteria evaluation model, with the aim of evaluating the network of urban roads against earthquakes, in Imam Khomeini street, city of Ardabil. The data collection method in this research is mainly in the field and the library method. To assess the vulnerability of Imam Khomeini Street in Ardabil, five criteria of density, construction characteristics, natural factors, accessibility and degree of confinement were used. Type of materials, number of floors of buildings, ground floor of buildings, compatibility of uses, the criteria of natural factors including the distance to the fault and the distance to the river and the access criteria include three sub -criteria of passage width, existence of intersections and secondary roads and access to rescue centers. Imam Khomeini Street was divided into nineteen sections and finally the scores of each section were overlaid according to the criteria and sub-criteria in the form of Expert Choice software and the final street vulnerability map was produced in the Arc GIS software. The final results indicate that the highest level of vulnerability is observed in the central parts.

Keywords: Vulnerability, Road network, Earthquake, Ardabil, AHP.

*. Corresponding author: Milad Rajabzadeh Niaragh E-mail: m.rajabzade202000@gmail.com Tel: + 989120503424

How to cite this Article: Masoomi, M., Rajabzadeh, M. (2021). Investigating the vulnerability of Ardabil city road network against natural disasters (earthquake) (Case study: Imam Khomeini Street, Shahr). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(3), 141-161.
doi:10.22067/geoeh.2021.67019.0

Geography and Environmental Hazards
Volume 10, Issue 3 - Number 39, Fall 2021
https://geoeh.um.ac.ir
https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.67019.0

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دهم، شمارهٔ سی و نهم، پاییز ۱٤۰۰ صص ۱٦۱-۱٤۱

مقاله پژوهشی

بررسی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهر اردبیل در برابر سوانح طبیعی (زلزله) (مطالعه موردی: خیابان امام خمینی‌شهر)

محمدتقی معصومی- استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.
میلاد رجب‌زاده نیارق[۱]- کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۹ تاریخ بازنگری: ۱٤۰۰/۱/۱۹ تاریخ تصویب: ۱٤۰۰/۳/۵

چکیده

کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله از اهداف برنامه‌ریزی شهری است. شبکه معابر شهری یکی از عواملی است که در میزان آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله تأثیر بسزایی دارد. بررسی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری و برنامه‌ریزی جهت کاهش این آسیب‌ها امری ضروری است. این پژوهش با روش توصیفی- تحلیلی و با به‌کارگیری مدل ارزیابی چند معیاره AHP، با هدف ارزیابی شبکه معابر شهری در برابر زلزله، در خیابان امام خمینی (ره) شهر اردبیل انجام گرفته است. روش جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش عمدتاً میدانی و در طول انجام پژوهش از روش کتابخانه‌ای نیز استفاده شده است. برای ارزیابی آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی‌شهر اردبیل از پنج معیار تراکم، ویژگی‌های ساختمانی، عوامل طبیعی، دسترسی و درجه محصوریت استفاده شد که معیار تراکم شامل دو زیر معیار تراکم ساختمانی و تراکم جمعیتی، معیار ویژگی‌های ساختمانی شامل شش زیر معیار کیفیت بنا، قدمت بنا، نوع مصالح، تعداد طبقات ساختمان، مساحت همکف ساختمان‌ها، سازگاری کاربری‌ها، معیار عوامل طبیعی شامل فاصله از گسل و فاصله از مسیل رود و معیار دسترسی شامل سه زیر معیار عرض معبر، وجود تقاطع و راه‌های فرعی و دسترسی به مراکز امداد و نجات است. خیابان امام خمینی به نوزده قسمت تقسیم و درنهایت امتیازات هر یک از قسمت‌ها با توجه به معیارها و زیر معیارها در قالب نرم‌افزار Expert Choice

---

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۰۵۰۳٤۲٤ Email: m.rajabzade202000@gmail.com

نحوه ارجاع به این مقاله :

معصومی, محمدتقی, رجب زاده نیارق, میلاد. (۱٤۰۰). بررسی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهر اردبیل در برابر سوانح طبیعی (زلزله) (مطالعه موردی: خیابان امام خمینی‌شهر). جغرافیا و مخاطرات محیطی, ۱۰(۳),صص ۱٦۱-۱٤۱.
https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.67019.0

همپوشانی شد و نقشه نهایی آسیب‌پذیری خیابان در نرم‌افزار Arc GIS تولید شد. نتایج نهایی حاکی از آن است که بیش‌ترین میزان آسیب‌پذیری در قسمت‌های مرکزی به چشم می‌خورد.
کلیدواژه‌ها: آسیب‌پذیری، شبکه معابر، زلزله، اردبیل، AHP.

۱- مقدمه

ایران نیز یکی از کشورهایی است که با مخاطرات طبیعی عدیده‌ای روبه‌رو است. موقعیت و ویژگی‌های جغرافیایی سبب شده است ایران در کمربند زلزله قرار گیرد؛ به‌طوری‌که بیش از ۷۰ درصد سرزمین ایران در معرض خطر زمین‌لرزه قرار دارد. ازاین‌رو زمین‌لرزه یکی از اصلی‌ترین مخاطرات طبیعی سکونتگاه‌های انسانی ایران به شمار می‌رود (نورائی و همکاران، ۱۳۹۵). شبکه ارتباطی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین استحکامات زیر بنایی، نقش مهمی در کاهش یا افزایش آسیب‌های ناشی از وقوع حوادث طبیعی نظیر زمین‌لرزه دارند (مانگ[1] و همکاران، ۲۰۰۷). اگرچه حذف اثرات مخاطرات طبیعی امری غیرممکن است؛ بااین‌حال کاهش ریسک و خطرپذیری شهرها در برابر پدیده‌های طبیعی به یکی از سرفصل‌های مهم برنامه‌ریزی و طراحی شهرها در سال‌های اخیر تبدیل شده است (کاپ[2]، ۲۰۱۵). آسیب‌پذیری شبکه به ساختار فضایی شبکه پرداخته و در زمینه تخلیه عمومی به کار می‌رود تا قسمت‌های آسیب‌پذیر ساختار شهری مشخص شود. از عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری شبکه معابر می‌توان به آسیب‌پذیری بنا، نسبت سطح ساخته شده به سطح معابر ساخته شده (درجه محصوریت)، قوس معبر، عرض معبر، تعداد گره و تقاطع و شیب معبر (نورائی و همکاران،۱۳۹۰) اشاره کرد. نقش شریان‌های ارتباطی مانند خیابان‌ها و معابر به‌عنوان نقاط اتصالی و گریز در شهرها در مواقع بحران‌های طبیعی نقش بسیار اساسی دارند. این چالش در مواقعی که کاربری‌های اطراف این شریان‌ها دارای ایستایی نامناسب و فرسوده‌ای بوده و با آسیب‌های احتمالی موجب ریزش و بسته شدن این نقاط مواصلاتی شده و در فرایند امدادرسانی و گریز از نقاط بحران اختلال ایجاد کرده و مشکلات و خطرات جانی و مالی را در مواقع بحران دوچندان می‌نمایند. در این پژوهش سعی بر ارزیابی میزان آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی‌شهر اردبیل در برابر زلزله شده است. این منطقه به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود مانند: تمرکز شدید ساختمانی، تراکم زیاد جمعیت، پایین بودن عرض معبر، عدم رعایت استانداردهای لازم در اکثر سازه‌های موجود و عدم رعایت قوانین مربوط به سطح اشغال و فضای باز، با مشکلات عدیده‌ای مواجه است. بر این اساس توجه به ارزیابی آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی در برابر زلزله از ضروریات مدیریت شهری در شهر اردبیل است. دراین‌بین خیابان امام خمینی‌شهر اردبیل نیز به‌عنوان بستر موردمطالعه به علت داشتن بافت‌های ناپایدار و همچنین ماهیت مسکونی و تجاری آن می‌تواند در هنگام رخداد زلزله پذیرای آسیب‌های

---

1 mang
2 kap

زیادی از لحاظ اختلال در فرآیند امدادرسانی به منطقه و تخریب‌های صورت گرفته در بخش‌های مسکونی و شبکه‌های مواصلاتی باشد؛ بنابراین ضرورت مطالعه مسأله حال حاضر بیش‌ازپیش آشکار می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع، در زمینه ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله تحقیقات زیادی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته که ابتدا به تحقیقات صورت گرفته در کشورهای خارجی اشاره می‌شود و سپس به تحقیقات انجام شده در کشور پرداخته می‌شود.

صدری کیا و همکاران (۲۰۱۷) آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لرزه را در مناطقی که داده‌های ناکافی در این زمینه دارند با استفاده از سه روش AIIP، تکنیک مجموعه‌های فازی و روش TOPSIS ارزیابی نمودند. با توجه به نتایج به عمل آمده روش فازی در تعیین تأثیرات معیارهای آسیب‌پذیری لرزه‌ای از اولویت بالاتری برخوردار است. محمد پور و همکاران (۲۰۱٦) در مقاله‌ای به شناسایی و توسعه ارتباط برنامه‌ریزی شهری و مدیریت بحران زلزله به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای در بافت قدیمی محله سیروس شهرداری تهران، منطقه ۱۲ پرداختند. به این نتیجه رسیدند که می‌توان از طریق تحلیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای در بافت قدیمی شهری به نقش برنامه‌ریزی شهر برای پارامترهای ساختاری در زمینه مقابله با زلزله اشاره نمود. چن نن هانگ[1] و همکاران (۲۰۱٤) در مقاله خود به بررسی آسیب‌پذیری و وابستگی متقابل زیرساخت‌های حیاتی شهر در تایوان پرداخته‌اند. (احدنژاد روشتی و همکاران، ۱۳۹۹) مقاله‌ای تحلیل فضایی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران، یافته‌ها نشان داد که بخش مرکزی شهر زنجان آسیب‌پذیری بالایی در برابر زلزله‌های احتمالی داشته باشد. به‌طوری‌که از کل معابر منطقه موردمطالعه با مساحت ۸۲ هکتار، ۹,۲ هکتار آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۲۰,٤ هکتار آسیب‌پذیری زیاد، ۲٥,٤ هکتار آسیب‌پذیری متوسط، ۱۱,٥ هکتار آسیب‌پذیری کم و ۱٥,٥ هکتار از آسیب‌پذیری خیلی کم برخوردار بوده است که درمجموع ۲۹,٦ هکتار از سطح معابر از آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد برخوردار هستند. درنهایت می‌توان بیان داشت که مهم‌ترین عوامل آسیب‌پذیر شبکه معابر در بخش مرکزی زنجان شامل فرسودگی بافت جداره معبر، تراکم بالای جمعیت مرتبط با معبر و درجه محصوریت بالای معابر است. خدادادی و همکاران (۱۳۹۷) در مقاله‌ای تحلیل آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطره زلزله با روش FUZZY ELECTRE، نتایج حاصله حاکی از آسیب‌پذیر بودن مناطق ٦، ۸، ۱ و ۷ شهرداری کرج در برابر زلزله است طوری که بیش از ۷۰ درصد از شهر کرج ازنظر خطر آسیب‌پذیری در برابر زلزله در طبقه خیلی کم و کم قرار گرفته است و تنها حدود ۲۰ درصد از شهر کرج به خاطر نزدیکی به گسل و وجود تراکم بالای جمعیتی، ساختمانی و... در مناطق با خطر زیاد و خیلی زیاد قرارگرفته است. (احدنژاد روشتی و همکاران، ۱۳۹٤) در مقاله‌ای ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله برای ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر منطقه ۱ تبریز. نتایج نهایی حاکی از این است که آسیب‌پذیری شبکه معابر محدوده‌ی

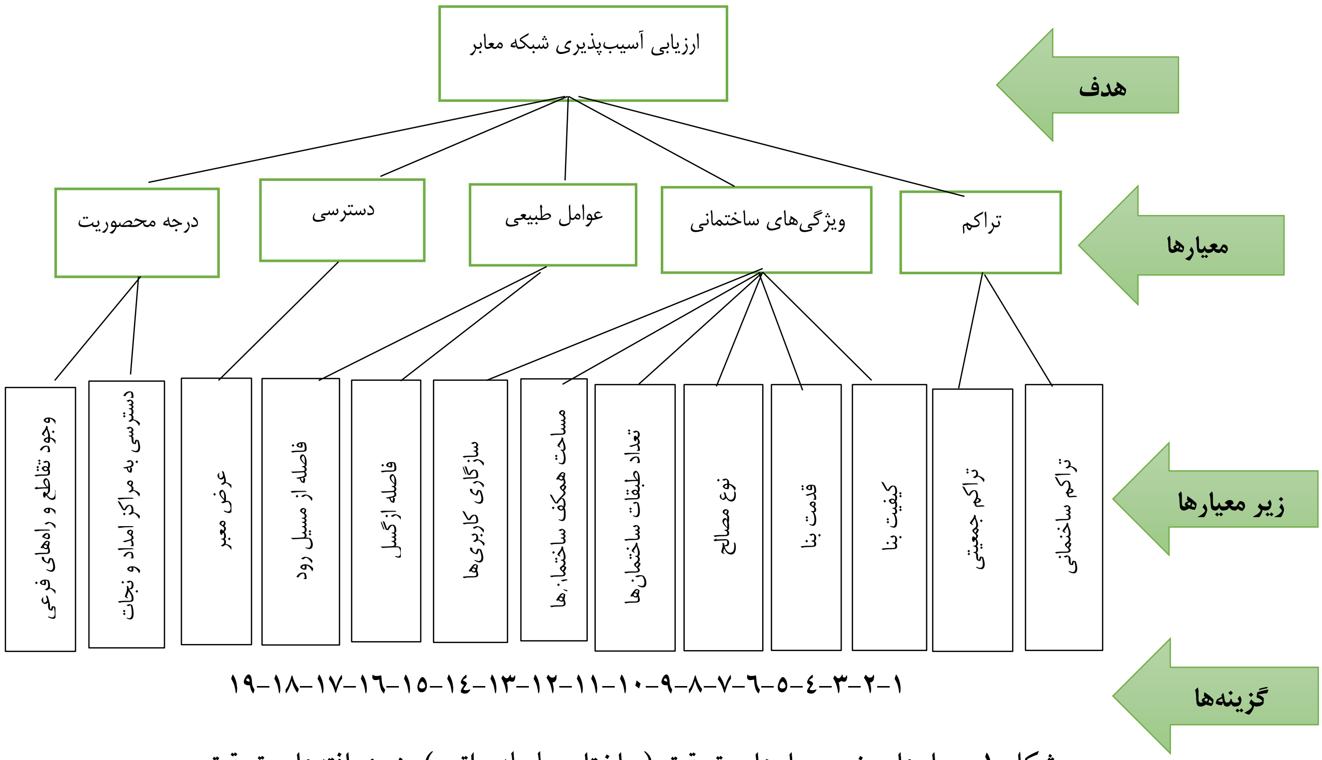
1 Chen nen hang

موردمطالعه (جز در محلات نوساز)، بیشتر از حد متوسط و عمدتاً زیاد و خیلی زیاد است. آسیب‌پذیری شبکه معابر در محلات اسکان غیررسمی بیشتر به چشم می‌خورد که در برنامه‌ریزی‌ها باید در اولویت قرار بگیرند. کریمی کردآبادی و همکار (١٣٩٤) در پژوهش خود با استفاده از مدل ترکیبی FUZZY AIIP و با به کارگیری نرم‌افزارهای Arc GIS و Expert Choice به پهنه‌بندی خطر زلزله و تأثیر آن در امنیت شهری منطقه یک شهر تهران پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که منطقه یک کلان‌شهر تهران به‌شدت در خطر زلزله‌خیزی قرار دارد و مناطق دارای خطر خیلی زیاد و زیاد در حدود ۵۰ درصد مساحت منطقه یک را دربر می‌گیرند. جلالیان و همکار (١٣٩٤) با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی و روش تحلیل چند معیاری فضایی و با به کارگیری پنج شاخص گسل، جنس زمین، شیب، زمین‌لغزش و تراکم جمعیت به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زلزله در بخش چورزق شهرستان طارم اقدام نمودند. نتایج حاصل از تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از شهرستان طارم و سکونتگاه‌های روستایی منطقه در پهنه‌های با خطر بالا (٤٥٫٧١ درصد) و خیلی بالا (١٤/٧١ درصد) قرار گرفته است.

٢- منطقه موردمطالعه

خیابان امام خمینی یک معبر در امتداد شمال شرقی – جنوب غربی شهر اردبیل است. این محور از قدیمی‌ترین خیابان‌های شبکه معابر شهر اردبیل بوده و اصلی‌ترین محور در استخوان‌بندی محدوده مرکزی شهر است. شبکه معابر شهر اردبیل در حال حاضر ساختار حلقوی – شعاعی دارد. از موقعیت قرارگیری خیابان امام خمینی در دو حلقه خیابانی و شریانی درونی شبکه معابر شهر اردبیل نتیجه می‌شود که این خیابان در قسمت‌های واقع در داخل حلقه درونی خیابانی (چهارراه ژاندارمری تا چهارراه امام خمینی) و قسمت‌های بیرون از این حلقه که داخل حلقه شریانی بزرگ‌راه شهدا قرار دارد (میدان جهاد تا چهارراه ژاندارمری و چهارراه امام خمینی تا ایستگاه سرعین) ویژگی‌ها و سیمای متفاوتی دارد.

۳- مواد و روش‌ها



شکل ۱. معیارها و زیر معیارهای تحقیق (ساختار سلسله‌مراتبی) منبع: یافته‌های تحقیق

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و از نظر روش جز تحقیقات توصیفی – تحلیلی است. تحلیل این پژوهش و استخراج داده‌ها با استفاده از بررسی‌های کتابخانه‌ای، داده‌های آماری، بررسی نقشه‌های موجود شهر اردبیل و مطالعات میدانی انجام گرفته است. در تحلیل داده‌های پژوهش حال حاضر از روش مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شد. پس از بررسی مطالعات پیشین در این حوزه و جویا شدن نظرات کارشناسان، معیارها و زیر معیارهای تحقیق انتخاب، سپس معیارها و زیر معیارها بر اساس نظرات کارشناسان خبره در حوزه زلزله‌نگاری و مهندسی شهرسازی، وزن دهی شد. در مرحله بعدی معیارهای تحقیق توسط مدل AHP استانداردسازی شده و میزان اهمیت هر یک از معیارها و زیر معیارها مشخص گردید. سپس با استفاده از برنامه تحلیلی Expert Choice میزان آسیب‌پذیری هر قسمت مشخص و درنهایت با استفاده از دستورهای نرم‌افزار Arc GIS نقشه آسیب‌پذیری خیابان امام شهر اردبیل تولید شد.

۳-۱- آنالیز داده‌ها

در این بخش به تحلیل و بررسی معیارها و زیر معیارهای پژوهش پرداخته شده است.

معیارها

در پژوهش حاضر با توجه به مطالب مطرح شده در تحقیق و نتیجه‌گیری از آن‌ها بـه تهیـه پرسـش‌نامه‌ای پرداختـه شده است که در آن معیارهای موردنظر در ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر مورد پرسـش از متخصصـین قـرار گرفتـه شده است. درنهایت معیارهایی که در میزان آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی نقش داشته‌اند مشخص شد. بـا توجـه بـه مطالعات نظری و استفاده از نظرات کارشناسان معیارها به‌این‌ترتیب می‌باشند:

- تراکم
- ویژگی‌های ساختمانی
- عوامل طبیعی
- دسترسی
- درجه محصوریت

بنابراین با توجه به معیارهای انتخاب و استخراج شده و نوع هدف تحقیق به بررسـی معیارهـا بـا تهیـه پرسـش‌نامه پرداخته شد و اطلاعات حاصل از پرسش‌نامه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفـت تـا میـزان آسـیب‌پذیری نمونـه مـوردی مشخص شود.

جدول ۱- معیارها و زیر معیارها و کدبندی آسیب‌پذیری آن‌ها

عوامل و معیارهای کلی	عوامل و معیارهای اصلی	زیر معیارها	آسیب‌پذیری خیلی کم ۱	آسیب‌پذیری کم ۳	آسیب‌پذیری متوسط ۵	آسیب‌پذیری زیاد ۷	آسیب‌پذیری خیلی زیاد ۹
تراکم	تراکم ساختمانی	کمتر از ۵۰	•				
		تراکم ۵۰-۱۰۰		•			
		تراکم ۱۰۰-۱۲۰			•		
		تراکم ۱۲۰-۱۵۰				•	
		تراکم ۱۵۰ به بالا					•
	تراکم جمعیتی	۰-۷۵ نفر در هکتار	•				
		۷۵-۱۵۰ در هکتار		•			
		۱۵۰-۲۲۵ در هکتار			•		
		۲۲۵ -۳۰۰ در هکتار				•	
		۳۰۰ نفر به بالا در هکتار					•
ویژگی‌های ساختمانی	کیفیت بنا	فاقد بنا	•				
		نوساز		•			
		قابل نگهداری			•		

عوامل و معیارهای کلی	**عوامل و معیارهای اصلی**	**زیر معیارها**	**آسیب‌پذیری خیلی کم ۱**	**آسیب‌پذیری کم ۳**	**آسیب‌پذیری متوسط ۵**	**آسیب‌پذیری زیاد ۷**	**آسیب‌پذیری خیلی زیاد ۹**
		مرمتی				●	
		تخریبی					●
	قدمت بنا	کمتر از ۲۵ سال	●				
		۲۵ تا ۳۰ سال		●			
		۳۰ تا ٤۵ سال			●		
		٤۵ تا ٦۰ سال				●	
		٦۰ سال به بالا					●
	نوع مصالح	خشت و گل					●
		آجر و سیمان				●	
		آجر و آهن			●		
		اسکلت بتنی		●			
		اسکلت فلزی	●				
	تعداد طبقات ساختمان‌ها	طبقه ۱	●				
		طبقه ۲ و ۳		●			
		طبقه ۳ و ۵			●		
		طبقه ۵ و ۷				●	
		طبقه ۷ به بالا					●
	مساحت همکف ساختمان‌ها	کمتر از ۱۰۰					●
		۱۰۰ تا ۲۵۰				●	
		۲۵۰ تا ۵۰۰			●		
		۵۰۰ به بالا	●				
	سازگاری کاربری‌ها	کاملاً سازگار	●				
		نسبتاً سازگار		●			
		بی‌تفاوت			●		
		کاملاً سازگار				●	
		نسبتاً سازگار					●
عوامل طبیعی	فاصله از گسل	فاصله کمتر از ۵۰ متر					●
		فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ متر				●	
		فاصله ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر			●		
		فاصله ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر		●			
		فاصله بیش از ۵۰۰ متر	●				
	فاصله از مسیل	فاصله کمتر از ۵۰ متر					●

عوامل و معیارهای کلی	**عوامل و معیارهای اصلی**	**زیر معیارها**	**آسیب‌پذیری خیلی کم ۱**	**آسیب‌پذیری کم ۳**	**آسیب‌پذیری متوسط ۵**	**آسیب‌پذیری زیاد ۷**	**آسیب‌پذیری خیلی زیاد ۹**
	رود	فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ متر				●	
		فاصله ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر			●		
		فاصله ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر		●			
		فاصله بیش از ۵۰۰ متر	●				
دسترسی	عرض معبر	کمتر از ۸ متر					●
		۸ تا ۱۲ متر				●	
		۱۲ تا ۲۰ متر			●		
		۲۰ تا ۲٤ متر		●			
		۲٤ متر به بالا	●				
	دسترسی به مراکز امداد و نجات	کمتر از ۱ کیلومتر	●				
		بین ۱ تا ۳ کیلومتر		●			
		بین ۳ تا ۵ کیلومتر			●		
		بین ۵ الی ۷ کیلومتر				●	
		۷ کیلومتر به بالا					●
	وجود تقاطع و راه فرعی	کمتر از ۱					●
		۱–۳				●	
		۳–۵			●		
		۵–۱۰		●			
		۱۰ به بالا	●				
درجه محصوریت	محصوریت خیلی کم	کمتر از ۰/۳	●				
	محصوریت کم	بین ۰/۳ تا ۰/۵		●			
	محصوریت متوسط	بین ۰/۵ تا ۰/۷			●		
	محصوریت زیاد	بین ۰/۷ تا ۱				●	
	محصوریت خیلی زیاد	۱ به بالا					●

تراکم

با افزایش تراکم احتمال آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد؛ بنابراین تراکم اعم از ساختمانی و جمعیتی با آسیب‌پذیری، رابطه مستقیم دارد. در ادامه پژوهش تأثیر تراکم‌های ساختمانی و جمعیت در آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی با توجه به نظر کارشناسان محاسبه شد.

جدول ۲–ارزش‌دهی به‌به زیر معیارهای ویژگی‌های ساختمانی در نرم‌افزار Expert Choice

تراکم ساختمانی	تراکم جمعیتی
۰/۲۵۰	۰/۷۵۰



شکل ۲- ارزش‌های تعلق‌گرفته به زیر معیارهای تراکم در نرم‌افزار Expert Choice

ویژگی‌های ساختمانی

ویژگی‌های ساختمان‌های مجاور معابر در آسیب‌پذیری شبکه معابر بسیار تأثیرگذار است؛ بنابراین در ادامه تحقیق تأثیر این معیار و زیر معیارهایش در آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی، با روش‌هایی که در ادامه آمده، محاسبه شد. زیر معیارهای ویژگی‌های ساختمانی هر یک جداگانه و با شدت‌های متفاوت در احتمال آسیب‌پذیری تأثیر دارند. به همین منظور در ابتدای کار از کارشناسان خبره خواسته شد تا به هر یک از زیر معیارهای قدمت بنا، کیفیت بنا، سازگاری کاربری، تعداد طبقات ساختمان‌ها، نوع مصالح و مساحت همکف ساختمان‌ها را با توجه به نظر کارشناسان ارزش دهند. در ادامه جدول‌های مربوط به هر یک از زیرمعیارهای ویژگی‌های ساختمانی که توسط کارشناسان ارزش‌گذاری شده، آمده است.

جدول ۳- ارزش‌های تعلق‌گرفته به زیر معیارهای ویژگی‌های ساختمانی در نرم‌افزار Expert Choice

کیفیت بنا	قدمت بنا	نوع مصالح	تعداد طبقات ساختمان‌ها	مساحت همکف ساختمان‌ها	سازگاری کاربری‌ها
۰/۲۵۵	۰/۴۱۵	۰/۰۵۴	۰/۰۹۰	۰/۰۳۴	۰/۱۵۳



شکل ۳- ارزش‌های تعلق‌گرفته به زیر معیارهای ویژگی‌های ساختمانی در نرم‌افزار Expert Choice

با توجه به اینکه بافت فرسوده شهری بیشتر حول محور خیابان امام خمینی اردبیل تجمیع شده است معیار قدمت بنا بیشترین آسیب‌پذیری را ازنظر کارشناسان به خود اختصاص داد.

عوامل طبیعی

عوامل طبیعی مانند نزدیکی به گسل در آسیب‌پذیری شبکه معابر در برابر زلزله بسیار تأثیرگذار می‌باشند؛ بنابراین در ادامه تحقیق تأثیر این معیار و زیر معیارهایش در آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی، با روش‌هایی که در ادامه آمده است محاسبه شد. زیر معیارهای این معیار با توجه به نظر کارشناسان به دو دسته فاصله از گسل و فاصله از مسیل رود تقسیم شد و پس از بررسی‌های میدانی و نظر کارشناسان امتیازات هرکدام در نرم‌افزار Expert Choice تعیین شد.

جدول ٤- ارزش‌دهی به زیر معیارهای عوامل طبیعی در نرم‌افزار Expert Choice

فاصله از گسل	فاصله از مسیل رود
۰/٦٦٧	۰/۳۳۳



شکل ٤-ارزش‌های تعلق‌گرفته به زیر معیارهای عوامل طبیعی در نرم‌افزار Expert Choice

دسترسی

عامل دسترسی یکی از عوامل تأثیرگذار در آسیب‌پذیری شبکه معابر به شمار می‌رود. به‌طوری‌که در هنگام بروز حادثه امور مربوط به امداد و نجات و تردد به‌قدری اهمیت پیدا می‌کند که در تمام برنامه‌ریزی‌های شهری مدرن به این عامل توجه می‌شود؛ بنابراین در ادامه کار تأثیر این معیار و غیرمعیارهای آن در آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی‌شهر اردبیل با استفاده از روش‌های زیردست آمد. زیر معیارهای این معیار با توجه به نظرات کارشناسان به سه زیر معیار عرض معبر، دسترسی به مراکز امداد و نجات و وجود تقاطع و راه‌های فرعی تقسیم شد و درنهایت در نرم‌افزار Expert Choice امتیازدهی شده و امتیاز هرکدام به شرح جدول زیر به دست آمد.

جدول ٥- ارزش‌دهی به زیر معیارهای دسترسی در نرم‌افزار Expert Choice

عرض معبر	دسترسی به مراکز امداد و نجات	وجود تقاطع و راه‌های فرعی
۰/۵۰۰	۰/۲۵۰	۰/۲۵۰



شکل ۵- ارزش‌های تعلق‌گرفته به زیر معیارهای دسترسی در نرم‌افزار Expert Choice

درجه محصوریت

درجه محصوریت عبارت است از نسبت ارتفاع ساختمان واقع در جداره‌ی معبر به عرض معبر که نشان‌دهنده‌ی میزان ریزش آوار ساختمان به معبر و احتمال انسداد آن است. با توجه به این نکته، هرچه درجه محصوریت بیشتر باشد آسیب‌پذیری بیشتر خواهد بود. برای این منظور ابتدا تعداد طبقات هر ساختمان برای محاسبه ارتفاع ساختمان (به متر) در عدد ۳ ضرب شد، سپس نتایج به‌دست‌آمده در نرم‌افزار Expert Choice تحلیل شد.

٤- نتایج و بحث

با توجه به این‌که میزان تأثیر هر یک از معیارهای تراکم، ویژگی‌های ساختمانی، عوامل طبیعی، دسترسی و درجه محصوریت در آسیب‌پذیری شبکه معابر متفاوت است، کارشناسان این معیارها را نیز ارزش‌گذاری کردند. با توجه به ادامه‌ی محاسبات مجموع ارزش‌ها باید برابر عدد ۱ باشد.

جدول ٦- ارزش‌دهی به معیارهای آسیب‌پذیری شبکه معابر

تراکم	ویژگی‌های ساختمانی	عوامل طبیعی	دسترسی	درجه محصوریت
۰/۲۸٤	۰/٤۵۸	۰/۰٦٤	۰/۱۵۲	۰/۰٤۳



شکل ٦- ارزش‌های تعلق‌گرفته به معیارهای آسیب‌پذیری شبکه معابر در نرم‌افزار Expert Chocie

برای مشخص کردن نقاط آسیب‌پذیر خیابان امام خمینی‌شهر اردبیل با توجه به نقاط حساس‌تر در برابر زلزله، خیابان به ۱۹ قسمت (با عرض ۵۰ متر و طول ۵۰۰ متر) تقسیم شد. قسمت ۱(پل بسیج و روبروی دانشکده‌های علوم انسانی و فنی مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل)، قسمت ۲ (میدان بسیج و دادگستری کل اردبیل)،

قسمت ۳ (میدان ارتش)، قسمت ٤(روبروی مجتمع چندمنظوره هلال‌احمر و ستاد اسکان فرهنگیان)، قسمت ۵ (روبروی استادیوم تختی) و قسمت ٦ (میدان شریعتی) می‌باشند. قسمت ۷ (چهارراه امام، روبروی پاساژ صفویه و صدف)، قسمت ۸ (میدان سرچشمه و بازار)، قسمت ۹ (تازه میدان و قسمت‌هایی از بازار)، قسمت ۱۰(روبه روی پارک آرتا)، قسمت ۱۱ (چهارراه ژاندارمری و شرکت نفت) و قسمت ۱۲ (میدان جهاد روبه روی رفاه) می‌باشند. قسمت ۱۳(بعد از میدان جهاد و پشت حمام جام جم)، قسمت ١٤(میدان علی سرباز)، قسمت ۱۵ (میدان علی سرباز به سمت خیابان جام جم)، قسمت ١٦(خیابان جام جم، رو به روی مرکز پخش میهن شعبه اردبیل)، قسمت ۱۷(روبروی صداوسیمای اردبیل)، قسمت ۱۸(روبه روی اداره زندان مرکزی اردبیل) و قسمت ۱۹(خیابان منتهی به جاده نمین–آستارا) می‌باشند. در ادامه با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات میدانی و پرسشنامه‌ای، امتیازات هر قسمت نسبت به معیارها و زیر معیارها که در جدول زیر آمده است محاسبه شد.

جدول ۷- ارزش‌دهی به گزینه‌ها (قسمت‌ها) در نرم‌افزار Expert Chocie

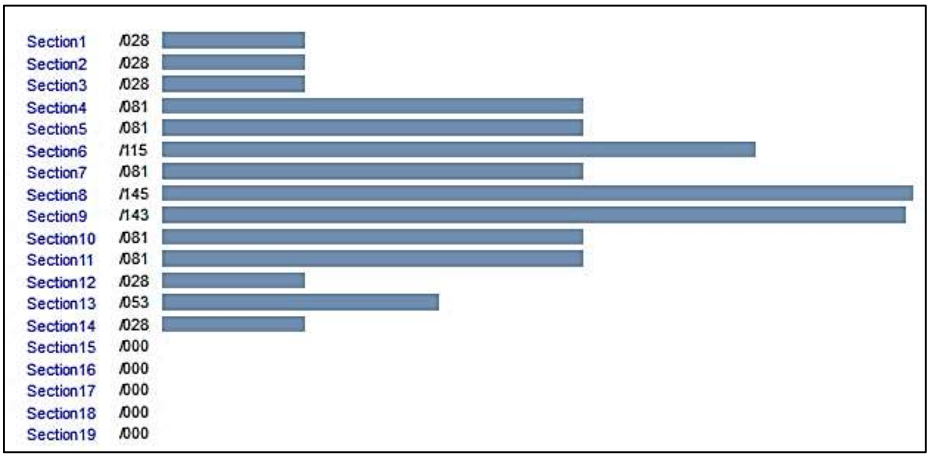
زیر معیارها / قسمت‌ها	تراکم ساختمانی	تراکم جمعیتی	کیفیت بنا	قدمت بنا	نوع مصالح	تعداد طبقات ساختمان‌ها	مساحت همکف ساختمان‌ها	سازگاری کاربری‌ها	فاصله از گسل	فاصله از مسیل رود	عرض معبر	دسترسی به مراکز امداد و نجات	وجود تقاطع و راه‌های فرعی	درجه محصوریت
۱	۱	۳	۱	۱	۱	۵	۵	۱	۹	۳	۱	۵	۳	۱
۲	۱	۳	۳	۳	۱	۷	۷	۳	۹	۵	۱	۵	۳	۱
۳	۱	۳	۳	۳	۱	۳	۷	۵	۹	۵	۱	۵	۷	۱
٤	۳	۵	۱	۵	۵	۳	۷	۳	۹	۳	۳	۳	۵	۱
۵	۳	۵	۵	۷	۳	۳	۷	۷	۷	۷	۳	۳	۷	۱
٦	۵	۷	۵	۷	۵	۳	۷	۷	۷	۷	۵	۱	۵	۵
۷	۳	۵	۷	۹	۵	۷	۵	۹	۷	۷	۳	۳	۳	۳
۸	۷	۹	۷	۹	۷	۳	۷	۹	۷	۹	۵	۵	۵	۳
۹	۵	۹	۷	۹	۷	۷	۵	۹	۵	۷	۵	۳	۷	۳
۱۰	۳	۵	۵	۷	۷	۱	۷	۷	۵	۵	۳	۳	۷	۱
۱۱	۳	۵	۵	۷	۱	۱	۷	۷	۵	۵	۳	۵	۳	۱
۱۲	۱	۳	۵	۷	۱	۱	۵	۵	۵	۳	۳	۵	۳	۱
۱۳	۳	۳	۵	۷	۵	۱	۷	۷	۳	۵	۳	۵	۵	۱
١٤	۱	۳	۵	۵	۵	۱	۷	۵	۳	۳	۱	۵	۵	۱
۱۵	۱	۱	۵	۵	۱	۱	۷	۵	۳	۳	۱	۵	۳	۱

زیر معیارها / قسمت‌ها	تراکم ساختمانی	تراکم جمعیتی	کیفیت بنا	قدمت بنا	نوع مصالح	تعداد طبقات ساختمان‌ها	مساحت همکف ساختمان‌ها	سازگاری کاربری‌ها	فاصله از گسل	فاصله از مسیل رود	عرض معبر	دسترسی به مراکز امداد و نجات	وجود تقاطع و راه‌های فرعی	درجه محصوریت
١٦	۱	۱	۳	۳	۱	۳	۳	۳	۱	۳	۱	۷	۵	۱
۱۷	۱	۱	۳	۳	۳	۱	۵	۳	۱	۱	۱	۷	۳	۱
۱۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۷	۱	۱
۱۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۷	۱	۱

سپس نتایج آسیب‌پذیری هر یک از ۱۹ قسمت با توجه به معیارها و زیر معیارها مشخص شد که ذیلاً به آن‌ها اشاره شده است.

تراکم

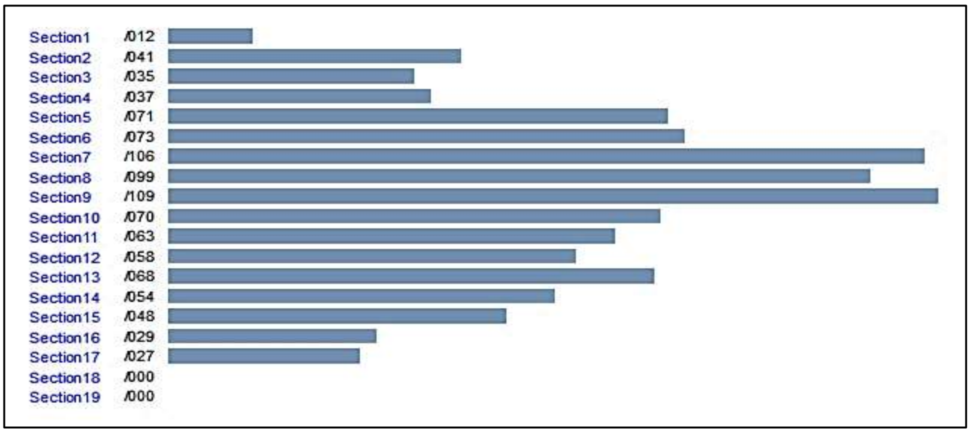
در این بخش زیر معیارهای تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی با توجه به ارزش‌هایی که با استفاده ازنظر کارشناسان برای آن‌ها تعیین شده بود در نرم‌افزار Expert Choice امتیازدهی شدند سپس ارزش هر یک از آن‌ها مشخص شد. پس از امتیازدهی به هر ۱۹ قسمت و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در نرم‌افزار Expert Choice، وضعیت آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی در ارتباط با تراکم (ساختمانی و جمعیتی) مشخص شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که اغلب آسیب‌پذیری متوسط دارند اما قسمت‌هایی مانند قسمت ٦، ۸ و ۹ (میدان شریعتی، میدان سرچشمه و تازه میدان) به علت ریزدانه بودن واحدهای مسکونی، تجمع دست‌فروشان، تراکم بالای عابرین پیاده، تجمع واحدهای تجاری و خدماتی و ... از آسیب‌پذیری بالایی برخوردارند که در شکل زیر آسیب‌پذیری هر ۱۹ قسمت آمده است.



شکل ۷- ارزش‌های تعلق‌گرفته به قسمت‌های ۱۹ گانه با توجه به معیار تراکم در نرم‌افزار Expert Choice

ویژگی‌های ساختمانی

پس از امتیازدهی به هر ۱۹ قسمت و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در نرم‌افزار Expert Choice، وضعیت آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی در ارتباط با ویژگی‌های ساختمانی مشخص شد. نتایج نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی از بعد ویژگی‌های ساختمانی در قسمت‌های ۷، ۸ و ۹ (اطراف میدان سرچشمه تا، تازه میدان) بیشتر است و این نیز، به دلیل پایین بودن کیفیت مصالح ساختمانی، ناسازگاری کاربری‌ها (تمرکز واحدهای تجاری و خدماتی)، کمبود فضای باز، نوع مصالح ناسازگار و ... از یک‌سو و از سوی دیگر کم بودن عرض معبر در این قسمت‌ها می‌باشد که در هنگام وقوع زلزله بیشترین آسیب‌پذیری را خواهند داشت. قسمت‌های دیگر نیز آسیب‌پذیری نسبتاً زیادی از بعد ویژگی‌های ساختمانی دارند که در شکل زیر امتیازات هر یک آمده است.

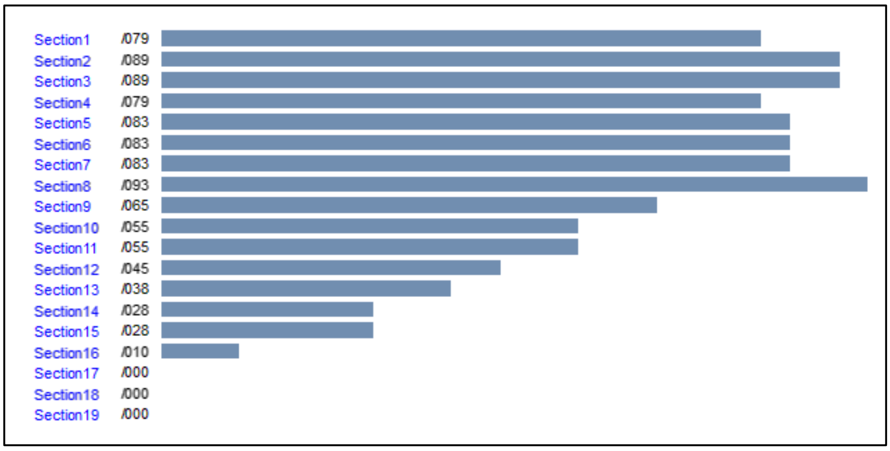


شکل ۸- ارزش‌های تعلق‌گرفته به قسمت‌های ۱۹ گانه با توجه به معیار ویژگی‌های ساختمانی در نرم‌افزار Expert choice

با توجه به نمودار بالا کمترین آسیب‌پذیری نیز مربوط به قسمت‌های ۱۸ و ۱۹ به علت سازگاری مناسب کاربری‌ها و فضای باز موجود در جداره مسیر می‌باشد.

عوامل طبیعی

پس از امتیازدهی به هر ۱۹ قسمت و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در نرم‌افزار Expert choice، وضعیت آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی در ارتباط با عوامل طبیعی مشخص شد. نتایج نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی از بعد عوامل طبیعی در قسمت‌های ۱ تا ۹ (از پل بسیج تا، تازه میدان) بیشتر است و این نیز، به دلیل نزدیک بودن این قسمت‌ها به گسل‌های نزدیک به شهر اردبیل و همچنین وجود مسیل‌های رودخانه با توجه به شیب زیاد در این قسمت‌ها می‌باشد که در هنگام وقوع زلزله بیشترین آسیب‌پذیری را خواهند داشت. همچنین به دلیل محاصره شدن شهر اردبیل بین گسل‌های معروف؛ تالش، دشت مغان، سنگاور، ماسوله و بزقوش و همچنین وجود حوزه آبریز بالیخلی چای در اطراف خیابان که مسیل‌های زیادی در این مناطق وجود دارد، آسیب‌پذیری را در منطقه موردنظر بالا برده است. قسمت‌های دیگر نیز آسیب‌پذیری نسبتاً زیادی از بعد عوامل طبیعی دارند که در نمودار زیر امتیازات هر یک آمده است. ضمناً آسیب‌پذیری عوامل طبیعی بیشتر متوجه اطراف میدان بسیج است و کم‌ترین آن نیز متوجه اطراف میدان علی سرباز و خروجی اردبیل به سمت جاده نمین- آستارا می‌باشد.

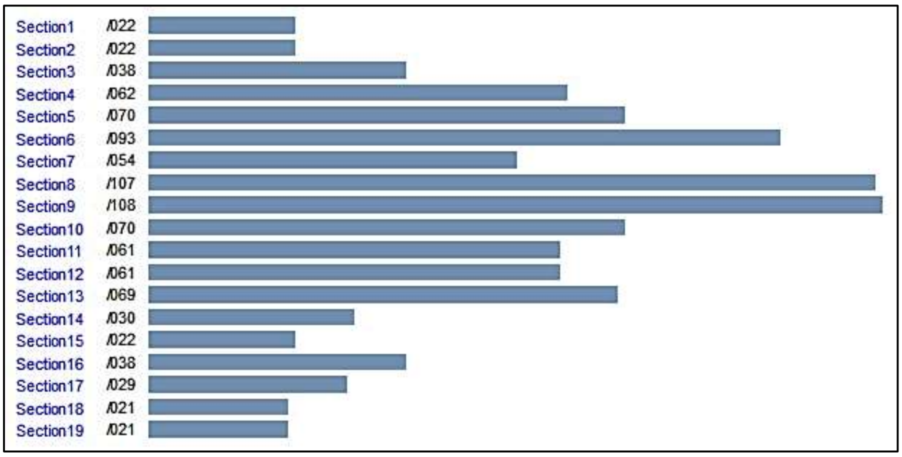


شکل ۹- ارزش‌های تعلق‌گرفته به قسمت‌های ۱۹ گانه با توجه به معیار عوامل طبیعی در نرم‌افزار Expert Choice

دسترسی

پس از امتیازدهی به هر ۱۹ قسمت و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در نرم‌افزار Expert Choice، وضعیت آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی در ارتباط با معیار دسترسی مشخص شد و آسیب‌پذیری تقریباً در کل مسیر به‌جز

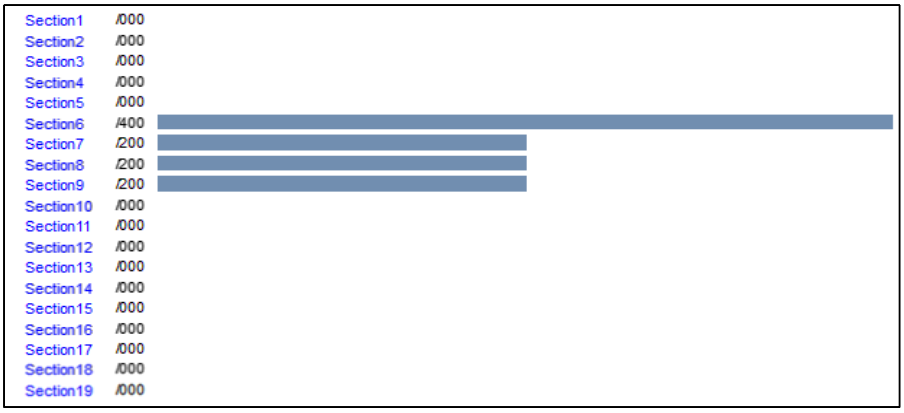
قسمت‌هایی که ذیلاً به آن‌ها اشاره شده است متوسط و نسبتاً کم می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی از بعد دسترسی در قسمت‌های ٦ الی ٨ (از میدان شریعتی تا، تازه میدان) بیشتر است و این نیز، به دلیل بالا بودن تراکم جمعیتی و ساختمانی، کم بودن عرض معبر، ترافیک سنگین، تراکم بالای عابر پیاده، هسته مرکزی شهر بودن، تراکم واحدهای تجارتی، خدماتی و آموزش و... می‌باشد. قسمت‌های دیگر نیز آسیب‌پذیری نسبتاً زیادی از بعد دسترسی دارند که در نمودار زیر امتیازات هر یک آمده است.



شکل ۱۰-ارزش‌های تعلق‌گرفته به قسمت‌های ۱۹ گانه با توجه به معیار دسترسی در نرم‌افزار Expert Choice

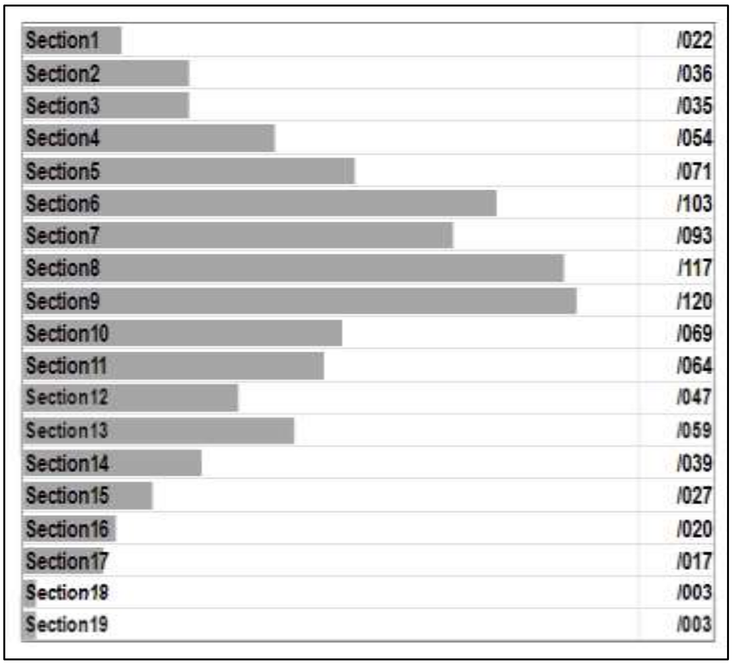
درجه محصوریت

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشخص می‌شود که درجه محصوریت بالا، در معابر کم‌عرض بیشتر است و در منطقه موردمطالعه، قسمت ٦ (حول محور میدان شریعتی) که اغلب تمرکز واحدهای تجاری و پاساژهای شهری و ساختمان‌های بلند در این قسمت است از بیش‌ترین آسیب‌پذیری برخوردار است. همچنین مسیر قسمت‌های ۷، ۸ و ۹ (میدان سرچشمه تا پارک آرتا) آسیب‌پذیرتر نسبت به قسمت‌های دیگر هستند و علت آن نیز کم‌عرض بودن خیابان امام خمینی در این قسمت‌ها می‌باشد و هنگام زلزله معابر بسته خواهند شد و امکان هرگونه تردد ناممکن خواهد شد. به‌علاوه درجه محصوریت در مناطقی از محدوده که ارتفاع ساختمان‌ها با در نظر گرفتن عرض معبر طراحی‌شده مناسب است. از این مناطق می‌توان به اطراف میدان بسیج، جهاد و علی سرباز اشاره کرد. در رابطه با این موضوع، با وجود مشکلات موجود در خیابان امام خمینی، مناطقی که در ساخت‌وساز آن‌ها قوانین شهرسازی اجرا شده و سازه‌ها نوساز هستند، درجه محصوریت شرایط قابل‌قبول‌تری نسبت به قسمت‌های اشاره شده در بالا دارند.



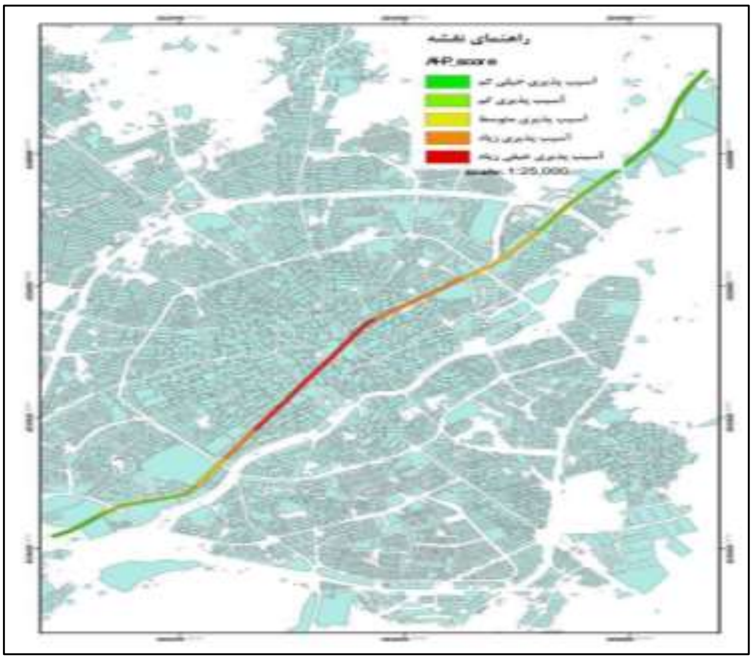
شکل ۱۱- ارزش‌های تعلق‌گرفته به قسمت‌های ۱۹ گانه با توجه به معیار درجه محصوریت در نرم‌افزار Expert Choice

درنهایت نتایج نهایی و آسیب‌پذیری هر یک از ۱۹ قسمت مشخص شد که در نمودار زیر به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۱۲- ارزش‌های تعلق‌گرفته به قسمت‌های ۱۹ گانه در نرم‌افزار Expert Choice

در آخرین مرحله از تحقیق، آسیب‌پذیری کلی و اهمیت هر یک از ۱۹ قسمت با توجه به معیارها و زیر معیارها مشخص شد و نقشه نهایی آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی در نرم‌افزار Arc GIS تولید شد.



شکل ۱۳- نقشه آسیب‌پذیری نهایی خیابان امام خمینی‌شهر اردبیل

با توجه به نقشه به‌دست‌آمده مشخص شد که بیش‌ترین آسیب‌پذیری به ترتیب شامل، قسمت‌های ۹ (تازه میدان و قسمت‌هایی از بازار)، ۸ (میدان سرچشمه و بازار)، ۷ (چهارراه امام، روبه روی پاساژ صفویه و صدف) و ٦ (میدان شریعتی) می‌باشد که آسیب‌پذیری خیلی زیاد دارند. قسمت‌های ۵ (اطراف استادیوم تختی و اداره دخانیات استان اردبیل)، ۱۰(رو به روی پارک آرتا) و ۱۱(چهارراه ژاندارمری و شرکت نفت) دارای آسیب‌پذیری زیاد هستند. همچنین قسمت‌های ٤ (روبه روی مجتمع چندمنظوره هلال‌احمر و ستاد اسکان فرهنگیان)، ۱۲(میدان جهاد) و ۱۳(بعد از میدان جهاد و پشت حمام جام جم) دارای آسیب‌پذیری متوسط هستند. قسمت‌های ۲(میدان بسیج و دادگستری کل اردبیل)، ۳(میدان ارتش)، ١٤(میدان علی سرباز) و ۱۵(میدان علی سرباز به سمت خیابان جام جم) دارای آسیب کم هستند و درنهایت قسمت‌های ۱(پل بسیج و رو به روی دانشکده‌های علوم انسانی و فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل)، ١٦(خیابان جام جم روبه روی مرکز پخش میهن شعبه اردبیل)، ۱۷(رو به روی صداوسیمای اردبیل)، ۱۸(روبه روی اداره زندان مرکزی اردبیل) و ۱۹ (خیابان منتهی به جاده نمین–آستارا) دارای آسیب خیلی کم هستند.

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در هر تحقیق نتایج حاصل از آن باید پاسخگوی سؤالات مطرح شده باشد. در این تحقیق نیز با توجه به سؤالات مطرح شده و تجزیه‌وتحلیل‌های انجام شده به سؤالات پاسخ داده شد که ذیلاً به آن‌ها اشاره شده است. سؤال ۱–

آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی‌شهر اردبیل در برابر زلزله چگونه است؟ در این تحقیق مشخص گردید که غالب زیر معیارهای مشخص شده به‌غیراز ویژگی‌های ساختمانی و تراکم برای ارزیابی آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی در بسیاری از قسمت‌ها مناسب می‌باشند؛ چراکه به نظر پرسش‌شوندگان و کارشناسان، خیابان امام خمینی دارای پتانسیل بالایی برای کاربری در شرایط زلزله دارد، لیکن برای بهبود آن نیاز به بازنگری و توسعه دارد؛ اما شرایط خیابان امام خمینی بخصوص در قسمت‌هایی مانند تازه میدان، میدان سرچشمه، چهارراه امام و میدان شریعتی که تمرکز واحدهای تجاری و تردد سواره و پیاده بالا می‌باشد بحرانی است و در هنگام زلزله آمار تلفات جانی و آسیب‌های مالی بالا خواهد بود. همچنین قسمت‌های فوق به دلیل قدمت بالای ساختمان‌ها، کیفیت پایین بنا، مصالح نامناسب، وجود کاربری‌های ناسازگار و تراکم زیاد ساختمانی از آسیب‌پذیری جدی برخوردار هستند. قسمت‌های منتهی به خروجی‌های شهر اردبیل مانند بسیج و علی سرباز و قسمت‌های اطراف آن‌ها به علت عرض بالای معبر، تراکم پایین ساختمانی و جمعیتی، رعایت اصول و قواعد شهرسازی، قدمت کم ابنا، سازگاری کاربری‌ها، کیفیت مناسب مصالح به کار برده شده در ساختمان و وجود فضاهای سبز و باز از وضعیت مناسبی برخوردار است. درضمن به علت تجمع فضاهای آموزشی، وجود فضاهای باز و سبز، اماکن مذهبی و دسترسی مناسب این خیابان به مراکز درمانی، وضعیت خیابان از بعد دسترسی و امداد و نجات و پناه گیری بعد از زلزله مناسب می‌باشد. سؤال ۲- آسیب‌پذیر ترین قسمت‌های خیابان امام خمینی در برابر زلزله کدامند؟ برای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی، پنج سطح با آسیب‌پذیری خیلی زیاد، آسیب‌پذیری زیاد، آسیب‌پذیری کم و آسیب‌پذیری خیلی کم مشخص شد که در نقشه نهایی آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی در فصل قبل آورده شده است. برای پاسخگویی به سؤال دوم جدولی برای مشخص شدن آسیب‌پذیری هر یک از نوزده قسمت طراحی شد؛ که نشان دهنده وضعیت آسیب‌پذیری خیابان امام خمینی و آسیب‌پذیرترین قسمت‌ها می‌باشد.

جدول ۸- آسیب‌پذیری نوزده قسمت خیابان امام خمینی در برابر زلزله

آسیب‌پذیری خیلی زیاد	آسیب‌پذیری زیاد	آسیب‌پذیری متوسط	آسیب‌پذیری کم	آسیب‌پذیری خیلی کم
قسمت ۹ (تازه میدان و قسمت‌هایی از بازار)	قسمت ۵ (اطراف استادیوم تختی و اداره دخانیات استان اردبیل)	قسمت ٤ (روبه روی مجتمع چند منظوره هلال احمر و ستاد اسکان فرهنگیان)	قسمت ۲ (میدان بسیج و دادگستری کل اردبیل)	قسمت ۱ (پل بسیج و روبه روی دانشکده‌های علوم انسانی و فنی مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل)
قسمت ۸ (میدان سرچشمه و بازار)	قسمت ۱۰ (رو به روی پارک آرتا)	قسمت ۱۲ (میدان جهاد)	قسمت ۳ (میدان ارتش)	قسمت ۱٦ (خیابان جام جم روبه روی مرکز پخش میهن شعبه اردبیل)
قسمت ۷ (چهارراه امام، روبه روی پاساژ صفویه	قسمت ۱۱ (چهارراه ژاندارمری و شرکت	قسمت ۱۳ (بعد از میدان جهاد و پشت	قسمت ١٤ (میدان علی سرباز)	قسمت ۱۷ (روبه روی صدا و سیمای اردبیل)

آسیب‌پذیری خیلی زیاد	آسیب‌پذیری زیاد	آسیب‌پذیری متوسط	آسیب‌پذیری کم	آسیب‌پذیری خیلی کم
و صدف)	نفت)	حمام جام جم)		
قسمت ٦ (میدان شریعتی)			قسمت ۱۵ (میدان علی سرباز به سمت خیابان جام جم)	قسمت ۱۸ (روبه روی اداره زندان مرکزی اردبیل)
				قسمت ۱۹ (خیابان منتهی به جاده نمین–آستارا)

کتابنامه

احدنژاد روشتی، محسن، روستایی، شهریور و محمدجواد کاملی فر؛ ۱۳۹٤. ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران مطالعه موردی: منطقه ۱ شهرتبریز. *فصلنامه علمی – پژوهشی اطلاعات جغرافیایی*. دوره ۲٤. شماره ۹۵. پاییز ۹٤.

احدنژاد روشتی، محسن، تیموری، اصغر و حسین طهماسبی مقدم؛ ۱۳۹۹. تحلیل فضایی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهر زنجان). *مجله مخاطرات محیط طبیعی*. دوره ۹. شماره ۲٦. شماره پیاپی ٤. زمستان ۱۳۹۹.

جلالیان، حمید، دادگر، حسین؛ ۱۳۹٤. پهنه‌بندی آسیبپ ذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله با مدل AHP، مطالعه موردی بخش چورزق شهرستان طارم. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. ۲٦(۳): ۲۹–٤۲.

خدادای، فاطمه، انتظاری، مژگان و فرزانه ساسان پور؛ ۱۳۹۷. تحلیل آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطره زلزله با روش ELECTRE FUZZY(مطالعه موردی: کلانشهر کرج). *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. سال بیستم. شماره ٥٦. بهار ۹۹.

کریمی کردآبادی، مرتضی، نجفی، اسماعیل؛ ۱۳۹٤. ارزیابی خطر زلزله با استفاده مدل ترکیبی FUZZY- AHP در توسعه و امنیت شهری (مطالعه موردی: منطقه یک کلانشهر تهران). *مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی*. ۲(۸): ۷۷–۹۵

نورائی، همایون، رضایی، ناصر و رحیم علی عباسپور؛ ۱۳۹۵. ارزیابی و تحلیل مکانی کارایی شبکه‌های ارتباطی محلی پس از زمین زلزله از منظر پدافند غیرعامل. مجله علوم و فناوری‌های پدافند غیرعامل. سال دوم. شماره ۳(پاییز).۱٦۰–۱۵۱

Chun-Nen Huang., 2014. A method for exploring the interdepencies and important of critical in frastructures. Knowledge- Based Systems, 55(2014): 66-74, http:// dx.doi.org/ 10.1016/ j.knosys.2013.10.010

Mohammadpour S, Zali N, Pourahmad A., 2016. Analysis of Seismic Vulnerability Factors in Urban Old Texture with the Approach of Earthquake Crisis Management (Case Study: Sirus Neighborhood), Human Geography Research Quarterly, 48(1):33-52

monge, o . Alexoudis, S., 2007. An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to European towns.

Sadrykia M, Delavar M, Zare M., 2017. A GIS-Based Fuzzy Decision Making Model for Seismic Vulnerability Assessment in Areas with Incomplete Data, ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2017, 6(4): 119, doi: 10.3390/ijgi6040119